

広域 ATM 網における高速 TCP/IP サービス のためのプロトコルアーキテクチャ

6 F - 1

長谷川 輝之[†] 長谷川 亨[†] 加藤 聰彦[†] 吉泉 浩平[†] 三木 俊明[†]
(株) KDD 研究所[†] 国際電信電話 (株)[†]

1. はじめに

近年、広域 ATM 網を介した高速な TCP/IP 通信への要求が高まっている。しかし、国際 ATM 網等の高速かつ遅延の大きい網では、TCP のフロー制御で用いられるウィンドウサイズの制限により十分なスループットが得られない。ウィンドウサイズの拡大を含む TCP の拡張も提案されている^[1]が、輻輳や伝送誤りによるスループット低下等の問題が指摘されている。これに対し筆者らは、広域 ATM 網において高速 TCP/IP サービスを提供するために、広域網内で TCP までの処理を提供する TCP ゲートウェイ (TGW)^{[2][3]}を導入する手法を提案し、輻輳や伝送誤りのある環境下においても高いスループットを達成している。本稿では、TGW のプロトコルアーキテクチャについて述べる。

2. プロトコルスタックとフロー制御

2.1 プロトコルスタック

TGW を導入したネットワークの構成を図 1 に示す。TGW は広域 ATM 内の遅延の大きいリンクの両端に設置し、以下の機能を提供する。

- (1) TGW では、加入者端末 (もしくはルータ)、ならびに、対向する TGW との間に、それぞれ VC コネクション (VCC) を設定し、これらを 1 対 1 に対応させて、一方の VCC から入力したパケットを他方へ中継する。
- (2) TGW は、加入者端末間でエンド・エンドに確立された TCP コネクションについて、以下に示すプロトコルスタックを用いてプロトコル変換を行い、リンクバイリンクでのフロー制御を実現する。
- (3) 加入者側に対しては、ATM/AAL5 上で TCP/IP スタックを提供し、TCP のフロー制御を終端する。
- (4) 対向 TGW 側に対しては、独自に規定した HTP (High speed Transport Protocol) を適用する。HTP では、中継する各コネクションに対し、最大で VCC の帯域までのスループットを提供可能としつつ、全体として VCC の帯域が公平に共有されるように、個別のコネクション、ならびに、全てのコネクションを対象とした 2 段階のフロー制御を提供する。
- (5) 広域網における輻輳ならびに伝送誤りから効率良く回復するため、HTP の下位層に、選択再送機能を持つ

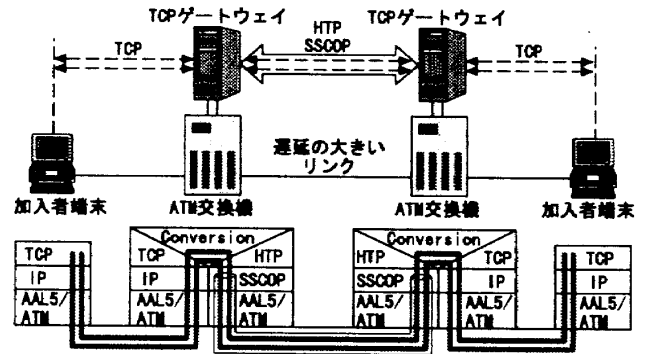


図 1: ネットワーク構成

ATM 用の確認型データ転送プロトコル SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol)^[4]を使用する。

2.2 HTP によるフロー制御

HTP におけるフロー制御手順は以下の通りである。

- (1) HTP では、HTP-DT パケットを用いて、加入者から受信した TCP データセグメント (TCP-DT) を転送し、そのフロー制御のために HTP-ACK ならびに HTP-GWND パケットを使用する。転送された HTP-DT は、受信側の TGW で TCP-DT に変換され、加入者側に送信される。送信した TCP-DT は、加入者側から送達確認 (TCP-ACK) が返るまで保持される。
- (2) HTP では、保持している TCP-DT の量に応じて以下の 2 種類のウィンドウを管理する。

コネクションウィンドウ: 個々のコネクションを制御するウィンドウである。その最大値は、TGW 間に設定された VCC の遅延ならびに帯域に応じて決定され、受信側 TGW において、個々のコネクション単位で一定量の TCP-DT が送達確認される度に、HTP-ACK により送信側 TGW に通知される。

グローバルウィンドウ: 全てのコネクションをまとめて制御するウィンドウであり、その最大値は、受信側 TGW が TCP-DT を保持するために用意するバッファの総量に応じて決定される。受信側 TGW では、保持している TCP-DT の総数を管理して、これらが一定数送達確認される度に、送信側 TGW に HTP-GWND を送信して、その更新を行う。

(3) HTP-DT は、グローバルウィンドウと該当するコネクションのコネクションウィンドウが共に空いている場合のみ送信可能である。送信できない HTP-DT は各コネクション毎に用意された送信キューに保持する。コネクションウィンドウが閉じている場合は、その更新時に該当するコネクションに送信キューから再度送信を試み

[†]Protocol Architecture of High Speed TCP/IP Service over Wide Area ATM Network[†]

Teruyuki HASEGAWA[†], Toru HASEGAWA[†], Toshihiko KATO[†], Kohei YOSHIIZUMI[†] and Toshiaki MIKI[†]
KDD R&D Laboratories, Inc.[†], KDD[†]

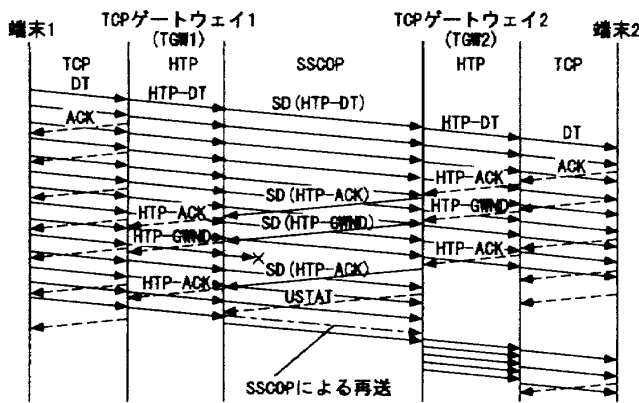


図 2: 通信シーケンス

る。一方、グローバルウィンドウが閉じている場合は、その更新時に、送信待ちの複数のコネクションから公平に送信できるように、コネクションウィンドウの空きが大きいコネクションから順に HTP-DT を送信する。

2.3 通信シーケンス

図 2 に、TGW を用いたデータ転送例を示す。TGW1 では端末 1 から TCP-DT を受信すると、端末 2 に代わり、TCP に従って端末 2 の IP アドレスと TCP ポート番号を用いて端末 1 に TCP-ACK を返し、TCP のフロー制御を終端する。TCP-DT は HTP-DT に変換し、HTP のフロー制御に従って TGW2 に送信する。TGW2 では保持している TCP-DT が送達確認されると、必要に応じて HTP-ACK や HTP-GWND を TGW1 に送信する。各 HTP パケットは、SSCOP の SD PDU により転送される。SD の送達確認と再送処理は、POLL、STAT、USTAT PDU を用いて SSCOP で行われる。HTP では、これらの処理を意識しない。

3. 性能評価

3.1 実験構成

前述の機能を持つ TGW ソフトウェアを、UNIX カーネル内で動作する STREAMS モジュールとして SUN Sparc Station20 (SS20) 上に実装し、Window Scale Option (WSO) によりウィンドウサイズを拡大した TCP と性能を比較した。具体的には、図 1 の構成において、TGW に 2 台の SS20 (SuperSPARC II 75MHz、128MByte、Solaris 2.5.1)、加入者端末に 2 台の PC (Pentium II 233MHz、64MByte、Solaris 2.6) を使用し、これらを OC-3 (155Mbps) 回線で ATM 交換機 (FORE ASX200) に収容した。一方、ATM 交換機間は DS-3 (45Mbps) 回線で接続し、さらに、データチャネルシミュレータ (ADTECH SX/14) を導入して、片道 100msec の伝送遅延を挿入した。

上記の構成により、加入者端末間で netperf を用いたメモリ間転送のスループットを測定した。端末では、Solaris 2.6 用の改良版 TCP^[5] を使用し、TCP の最大セグメントサイズを 9140Byte、最大ウィンドウサイズを 36560Byte (TGW 有) または 1MByte (WSO 有、TGW

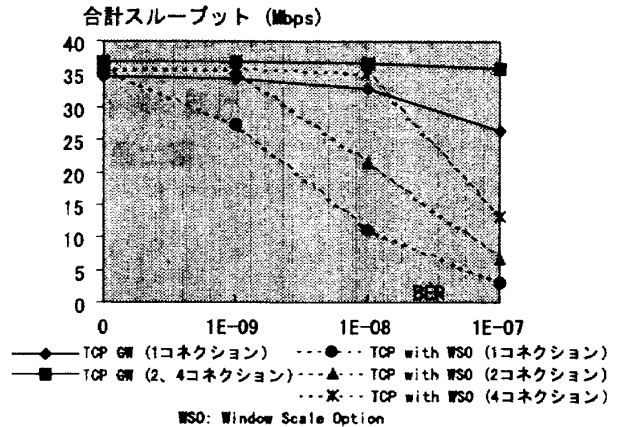


図 3: ランダム誤りがある場合のスループット

無) に設定した。TGW では、コネクションウィンドウとグローバルウィンドウの最大値を、それぞれ 1MByte と 2048 個に設定し、ATM 交換機間の帯域を考慮して 40Mbps PCR (Peak Cell Rate) シェーピングを行った。

3.2 実験結果

SX/14 により BER=10⁻⁷ までのランダム誤りを挿入した場合の、1~4 本の TCP コネクションの合計スループットを図 3 に示す。ここでは、ATM 交換機での輻輳を防ぐため、TGW 無 (WSO 有) の場合に、加入者端末において 40Mbps PCR シェーピングを行っている。誤り率の増加に伴い、TGW 有と TGW 無 (WSO 有) のスループット差が拡大した。これは、SSCOP による選択再送が TCP に比べ効率的であるためと考えられる。

また、2 本の TCP コネクションにより同時に 60 秒間の通信を行った結果、TGW 有では、合計 35.9Mbps、各コネクションで共に 17.95Mbps のスループットが得られた。一方、TGW 無 (WSO 有) では、合計 31.4Mbps、各コネクションで 13.6~18.6Mbps のスループットとなった。これは、TGW ではリンクバイリンクのフロー制御により、DS-3 回線での輻輳を防ぎ、高い回線使用効率ならびに各コネクション間の公平性を実現しているのに対して、TGW が無い場合は、エンド・エンドで TCP コネクション毎に独立したフロー制御を行うため、これらが低下するためと考えられる。

4. おわりに

本稿では、広域 ATM 網における高速 TCP/IP サービスを提供する TCP ゲートウェイのプロトコル構成を述べ、性能評価を通じてその有効性を明らかにした。

参考文献

- [1] V. Jacobson, et al., "TCP extensions for high performance," RFC1323, May 1992.
- [2] 長谷川他, "広域網を介した LAN 間接続のための TCP ゲートウェイの実装と評価," 信学論, VOL. J79-B-1, No. 5, pp. 262-270, May 1996.
- [3] T. Hasegawa, et al., "Protocol Architecture of High Speed TCP/IP Service over International ATM Network," Proc. of '98 ATM Workshop, pp. 159-168, May 1998.
- [4] ITU-T, "Service Specific Connection Oriented Protocol," Recommendation Q.2110, July 1994.
- [5] ftp://playground.sun.com/pub/sack/tcp.sack.tar.Z